معدنی شدن کربن آلیبقایای گندمدر خاک‌های آلوده به کادمیوم

زینب بیگدلی [۱]، احمد گلچین [۲]، سعید شفیعی [۳]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشدگروه علوم خاک دانشگاه زنجان، ۲- استادگروه علوم خاک دانشگاه زنجان، ۳-دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشگاه زنجان

چکیده
به‌منظور بررسی تأثیر آلودگی کادمیوم بر معدنی شدن کربن آلی بقایای گیاهی گندمیک آزمایش به‌روش کیف کلش و به‌صورت گلدانی و با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرارانجام شد. فاکتورهای موردبررسی شامل سطوح آلودگی خاک به کادمیوم (صفر، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرمکادمیوم در کیلوگرم خاک) و مدت‌زمان خوابانیدن (۱، ۲، ۳ و ۴ ماه) بود که تأثیر آن‌ها بر معدنی شدن کربن آلی بقایای گیاهی گندم موردبررسی قرارگرفت.نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کادمیوم هدررفت کربن آلی بقایای گندمکاهش یافت و کمترین درصد هدررفتکربنآلی بقایای گندممربوط به سطح ۸۰ میلی‌گرمکادمیوم در کیلوگرم خاک بود. میزان هدررفت کربن آلی بقایای گندم در ماه اول خوابانیدن ۳۱ درصد ودر سه ماهه بعدی خوابانیدن ده درصد و در مجموع ۴۱ درصد برای یک دوره چهار ماهه بود.
واژگان کلیدی: آلودگی خاک، کادمیوم، معدنی شدنکربن آلی

مقدمه
آلودگی خاک و زوال محیط زیست به‌عنوان یک مشکل جدی و چالش برانگیز مخاطراتی را برای انسان به‌وجود آورده است. در طول قرن گذشته افزایش جمعیت و بهره‌برداری بیرویه از منابع طبیعی، فرسایش و آلودگی خاک‌ها را به‌همراه داشته است. امروزه علاوه آلودگی خاک و زوال محیط زیست به‌عنوان یک مشکل جدی و چالش برانگیز مخاطراتی را برای انسان به‌وجود آورده است. در طول قرن گذشته افزایش جمعیت و بهره‌برداری بیرویه از منابع طبیعی، فرسایش و آلودگی خاک‌ها را به‌همراه داشته است. امروزه علاوه بر آلودگیهای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، مواد نفتی و صنعت، آلودگی خاک و آب با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست محیطی عمده در جوامع بشری است که علاوه بر کاهش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی، پایداری تولید و سلامت انسان را به‌مخاطره میاندازد. در میان فلزات سنگین، کادمیم بدلیل دارا بودن قابلیت تحرک و دوام زیاد دارای خطرات بیشتری است. میزان سمیت کادمیم برای گیاهان ۲۰ برابر سایر فلزات سنگین میباشد (Alloway, ۱۹۹۵; Jali et al, ۱۹۹۵). در مزارع کشاورزی، آلودگی خاک به کادمیوم به‌دلیل مصرف پساب‌های آلوده و استفاده بیرویه از کودهای فسفاته حاوی کادمیم، یک مشکل روبه گسترش است و دوام زیاد این فلز در خاک، سبب انباشته شدن آن در خاک و بر هم خوردن تعادل چرخه عناصر غذایی شده است (Ernest, ۱۹۹۶). کادمیم به‌سهولت توسط بیشتر گیاهان جذب میشود، اما حساسیت گیاهان و موجودات مختلف خاک به‌غلظت‌های بالای آن متفاوت است (McGrath, ۲۰۰۱; Ernest, ۱۹۹۶).

بسیاری از دانشمندان عقیده دارند که مواد آلی خاك، یک عنصرکلیدی در ارزیابی کیفیت خاك است (Gregorich et al, ۱۹۹۴)، چون ارتباط شدیدی با خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن دارد (Larson et al, ۱۹۹۴). هر عاملی که برروی فعالیت موجودات زنده خاک تأثیرگذار باشد می‌تواند بر میزان ماده آلی خاک نیز مؤثر باشد (Rottmann et al, ۲۰۰۹). سرعت تجزیه بقایای گیاهی به‌شدت توسط عوامل محیطی و کیفیت بقایا کنترل می‌شود و یکی از پارامترهای کلیدی که تحت‌تأثیر عوامل محیطی و کیفیت بقایا در خاک تغییر می‌کند جمعیت میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده بقایای‌گیاهی است (Gallardo and Merino, ۱۹۹۳; Berg et al, ۱۹۹۶). تجزیه کم مواد آلی که از آب و هوای نامناسب، واکنش نامطلوب خاک و آلودگی خاک به فلزات سنگین ناشی می‌شود می‌تواند به تجمع مواد آلی درخاک و بی‌تحرکی عناصر غذایی ضروری منجر شود (Cotrufo et al, ۱۹۹۵). چرخه کربن، از طریق فرآیند تجزیه میکروبی، تعامل قوی با دیگر چرخه‌های عناصر، از جمله چرخه نیتروژن و فسفر دارد و مواد معدنی مغذی برای جذب گیاه را آزاد می‌سازد و از این‌رو، برای سلامت خاک ضروری است. فلزات سنگین با تأثیر بر جامعه میکروبی خاک بر سرعت چرخه کربن و سرعت تجزیه مواد آلی تأثیر می‌گذارند (Hendridcks, ۱۹۹۶). فری‌تاس و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه تأثیر آلودگی خاک به اورانیوم بر تجزیه بقایای گیاهی گزارش کردند که شیمی بقایای‌گیاهی و عوامل محیطی نقش مهمی در تجزیه ماده آلی محلول ایفا می‌کنند. مین لیائو و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در زمین‌های بایر اصلاح شده در اطراف معدن مس، بیومس میکروبی و تنفس پایه تحت تأثیر سطوح بالای فلزات سنگین قرار گرفتند و با افزایش غلظت فلزات، کاهش یافتند. نتایج آن‌ها نشان داد که آلودگی خاک به فلزات سنگین تأثیر قابل‌توجهی بر ساختار جامعه میکروبی دارد و شاخص‌های نامبرده، شاخص‌های خوبی برای ارزیابی کیفیت خاک هستند. اگرچه فلزات سنگین در غلظت‌های بالا برای موجودات خاک مسموم‌کننده هستند و جلوگیری از تجزیه بقایای‌گیاهی ویژگی مشترک خاک‌های آلوده به فلزات سنگین است (Marschner and Kalbitz, ۲۰۰۳) ولی میزان سمیت این فلزات متفاوت بوده و غلظتی که مسمومیت در آن اتفاق می‌افتد، برای هر عنصر متفاوت بوده و لازم است که تعیین گردد. با وجود

آن‌که اطلاعات کلی در مورد کاهش تجزیه بقایای گیاهی در خاک‌های آلوده به کادمیوم وجود دارد اما مشخص نیست که غلظت‌های مختلف کادمیوم خاک چه مقدار دینامیک کربن آلی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. لذا هدف این پژوهش مطالعه تأثیر آلودگی کادمیوم خاک بر معدنی شدن کربن آلی در خاک‌های آلوده به مقادیر مختلف کادمیوم می‌باشد.

مواد و روش ها

یك نمونه مرکب خاک از عمق ۲۰-۰ سانتیمتری یک مزرعه تهیه و به آزمایشگاه منتقل و درهوایآزادخشك گردید. پسازعبور دادن خاك ازالکدومیلیمتر،برخیازویژگیهای فیزیکیوشیمیایی آن توسطروشهایاستانداردتعیین شدند (جدول ۱).بافتخاکبهروشهیدرومتری (Gee et al, ۱۹۸۶)وکربن آلی خاک بهروش واکلی و بلاک با استفاده از بی‌کرومات پتاسیم در مجاورت اسیدسولفوریک غلیظ اندازه‌گیری شد(Nelson and Sommer, ۱۹۸۲).بهمنظوراندازه‌گیری دینامیک کربن آلی، بخش هوایی گیاه گندم برداشت و سپس بقایا به قطعات یک سانتی‌متری خردشدند وبه مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۵۵-۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدو سپس درون کیف های کلش قرار داده شدند.

جدول ۱ -برخي از ويژگي‌هاي في‌زيكي و شي‌مي‌ايي اندازه‌گيري‌شده در خاک مورد استفاده

PHخاک	بافت	کربن	سیلت	رس	شن
			درصد		
۸۸/۸	لوم رسی	۶۹/۸	۲۶	۳۳	۴۱

روش اجرای پژوهش

آزمایشبهصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه اجرا گردید. فاکتورهای موردبررسی شامل سطوح آلودگی خاک به کادمیوم (صفر، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک) از منبع سولفات کادمیوم و مدت‌زمان خوابانیدن (۱، ۲، ۳ و ۴ ماه) بودند که تأثیر آن‌ها بر معدنی شدن کربن آلی بقایای گیاهی گندم موردبررسی قرار گرفت. مقدار ۱۵ گرم بقایای گیاهی گندم با اندازه یک سانتی‌متر در کیف‌های کلش، قرار داده شد و کیف‌ها در عمق ۵ سانتی‌متری خاک‌های آلوده به سطوح مختلف کادمیومقراردادهشدند. برای این منظور از گلدان‌های پلاستیکی حاوی ۲ کیلوگرم خاک آلوده استفاده شد. رطوبت خاک گلدان‌ها با توجه به وزن آن‌ها در حد رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری و گلدان‌ها در رطوبت و دمای ثابت به‌مدت ۴ ماه خوابانیده شد. سپس در فواصل زمانی ۱، ۲، ۳ و ۴ ماه کیف‌های کلش از خاک‌های آلوده گلدان‌ها خارج و مقدار بقایای گیاهی گندم باقی‌مانده در آن‌ها اندازه‌گیری شد. در بقایای گیاهی گندم باقی‌مانده کربن آلی به‌روش خاکستر کردن اندازه‌گیری شد (Murungu, ۲۰۱۱).هدررفت کربن از کسر کربن باقیمانده در هر بازه زمانی از مقدار کربن باقیماندهدر بازه زمانی قبل محاسبه گردید.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات:

داده‌های حاصل از آزمایش به کمک نرم‌افزار آماری SAS مورد بررسی قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

تأثیر مدت زمان خوابانیدن بر درصد هدر رفت کربن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیربازه‌های زمانی خوابانیدن بر میزان هدررفت کربن بقایای گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

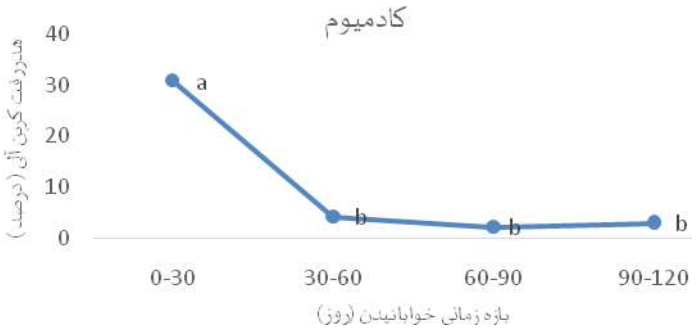
جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف کادمیوم وبازه‌های زمانی خوابانیدن بر هدررفت کربن بقایای گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		درصد هدررفت کربن
غلظت کادمیوم	۴	۲۳۷۶۲۳/۱۷۰ ۷*
زمان خوابانیدن	۳	۳۵۷۴۶۲/۱۰۵*
غلظتکادمیوم× زمان خوابانیدن	۱۲	۱۲۳۶۶۵/۸۶*
اشتباه کل	۳۹	۵۵۷۵۸۴/۱

ضریب تغییرات (CV)	۸۸۱۲۶/۱۲

به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و غیر معنی‌دار می‌باشد ns و *

بیشترین مقدار هدررفت کربن آلی به میزان ۷۷/۳۰ درصد مربوط به اولین ماه خوابانیدن بقایا و کمترین مقدار هدررفت کربن آلی به میزان ۳۹/۲درصد مربوط به ماهسوم خوابانیدن یا بازه زمانی ۶۰تا ۹۰ روز بود.نتایج نشان داد که بیشترین مقدار هدررفت کربن آلی در اولین ماه خوابانیدن اتفاق افتاد و مقدار هدررفت در سه ماه بعدی خوابانیدن ناچیز بود(شکل ۱).

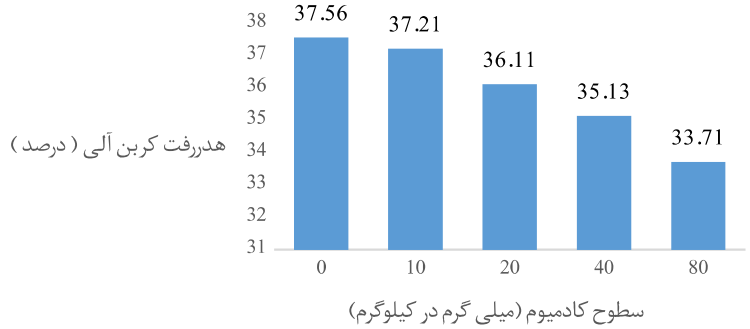


شکل ۱-تأثیر بازه‌های زمانی خوابانیدن بر درصد هدررفت کربن آلی بقایای گندم

تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر درصد هدررفت کربن بقایای گندم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح آلودگی خاک بهکادمیوم بر میزان هدررفت کربن از بقایای گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش سطوح آلودگی خاک بهکادمیوم درصد هدررفت کربن آلی از بقایای گندم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین درصد هدررفت کربن بقایای گندم مربوط به تیمار شاهد (۵۵/۳۷ درصد) و کمترین درصد هدررفت کربن آلی(۷۱/۳۳ درصد) مربوط به سطح ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک بود(شکل ۲). در صد هدررفت کربن آلی در سطوح ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم، کاهش معنی‌داری (پنج درصد) در برابر تیمار شاهد نشان داد(شکل ۲). کاهش درصد هدررفت کربن آلی می‌تواند ناشی از کاهش فعالیت میکروبی خاک در اثر افزایش غلظت کادمیوم خاک باشد.

چنی و همکاران (۱۹۷۸) گزارش کردند غلظت بالای فلزات سنگین می‌تواند اثرات مضر برتجزیه مواد آلی و فرآیندهای بیولوژیکی خاک داشته باشد.نتایج اغلب مطالعات نشان داده است که افزایش غلظت قابل‌جذب‌فلزات سنگین در خاك سبب‌کاهش جمعیت و فعالیت می‌کروبي،سرعت چرخه عناصرغذایی،تجزیه مواد آلي و فعالی‌ت آنزیمي خاك مي‌گردد.



شکل ۲ - تأثیر سطوح کادمیوم بر درصد هدر رفت کربن بقایای گندم

اثر متقابل بازه‌های زمان خوابانیدن و سطوح مختلف کادمیوم بر درصد هدررفت کربن بقایای گندم

اثر متقابل بازه‌های زمان خوابانیدن و سطوح مختلف کادمیوم خاک بر درصد هدررفت کربن بقایای گندم معنی‌دار $p<۰/۰۰۰۱$ بود(جدول ۲). بیشترین درصد هدررفت کربن بقایادرماهاول خوابانیدنیا بازه زمانی صفر تا ۳۰ روز و از تیمار شاهد بدست آمد. کمترین درصد هدررفت کربن نیز در ماهسوم خوابانیدن و از سطح ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شد.در ماه‌های آخر خوابانیدن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد(جدول ۳).

جدول ۳- اثرات متقابل بازه‌های زمانی خوابانیدن و سطوح مختلف کادمیوم خاک بردرصد هدررفت کربن بقایای گندم

بازه‌های زمانی خوابانیدن(ماه)	سطوح کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	درصد هدررفت کربن بقایا
۱	صفر	۰۶/۳۲a
	۱۰	۸۹/۳۱ a
	۲۰	۲۸/۳۱a
	۴۰	۹۹/۲۹ab
	۸۰	۷۳/۲۸b
۲	صفر	c ۶۷/۴
	۱۰	c۵۴/۴
	۲۰	c۰۵/۴
	۴۰	c۰۴/۴
	۸۰	c۸۴/۳
۳	صفر	c ۵۴/۲
	۱۰	c۵۴/۲
	۲۰	c۳۲/۲
	۴۰	c۳۰/۲
	۸۰	c۲۴/۲
۴	صفر	c۸۶/۲
	۱۰	a۵۲/۲
	۲۰	c۵۱/۲
	۴۰	c۲۶/۲
	۸۰	c۷۸/۳

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان دادکهمیزان معدنی شدن کربن آلی بقایای گیاهی گندم تحت تأثیر آلودگی خاک به کادمیوم کاهش می‌یابد.بیشترین میزان هدررفت کربن آلی در ماه اول خوابانیدن اتفاق می‌افتد و میزان هدررفت کربن آلی در ماه‌های بعدی خوابانیدن کم وناچیز می‌باشد.

منابع

Alloway, B. J. ۱۹۹۵. Heavy metals in moils. Blackie Academic and Professional. New York.

Andersson,A.۱۹۹۲. Trace elements in agricultural soils, fluxes and balances. Swedish Enviromental Protection Ageney. Report ۴۰۷۷.

Cotrufo. M. F., Virzo dc Santo, A., Alfani, A., Bartoli, G. and De Cristofaro, A. ۱۹۹۵. Effects ofurban heavy metal pollution on organic matter decomposition in *Quercus ilex* L. woods. Environmental Pollution. ۸۹(۱): ۸۱-۸۷

Chaney W.R., Kelley J.M. and Strickland R.C. ۱۹۷۸. Influence ofcadmium and zinc on carbon dioxide evolution from litterand soil from a black oak forest. Journal of EnvironmentalQuality. ۷: ۱۱۵-۱۱۹.

Ernest, W. H. O. ۱۹۹۶. Bioavailability of heavy metals and decontamination of soils by plants. Applied Geochemistry. ۱۱: ۱۶۳-۱۶۷.

Freitas, A. C., Rodrigues, D., Rocha-Santos, T. A., Gonçalves, F., Duarte, A. C. and Pereira, R. ۲۰۱۴. The impact of uranium mine contamination of soils on plant litter decomposition. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. ۶۷(۴):۶۰۱-۶۱۶.

Gallardo, A. and Merino,J. ۱۹۹۳. Leaf decomposition intwo Mediterranean ecosystems of southwest Spain: influenceof substrate quality. Ecology. ۷۴:۱۵۲-۱۶۱.
Gee, GW. and Bauder, JW. ۱۹۸۶. Physical and Mineralogical Methods. pp. ۳۸۳-۴۰۹. In: Clute A (ed). Methods of Soil Analysis, part ۱. ASA and SSSA, Medison Wisconsin.
Gregorich, E. G., Beare, M. H., Stoklas, U. and St-Georges, P. ۲۰۰۳. Biodegradability of soluble organic matter in maize-cropped soils. Geoderma. ۱۱۳(۳): ۲۳۷-۲۵۲.
Hendricks, C.W., ۱۹۹۶. The Effect of toxic chemicals on nutrient cycling processes in soils. pp. ۲۳۵-۲۷۰. In: Tarredellas, J., Bitton, G.and Rossel, D. (eds.), Soil Ecotoxicology. Lewis, New York.
Jalil, A., Selles, F. and Clark, J. M. ۱۹۹۴. Effect of Cd on growth and uptake of Cd and other elements by durum wheat. Journal of Plant Nutrition. ۱۷:۱۸۳۹-۱۸۵۸.
Larson, W. E. and Pierce, F. J. ۱۹۹۱. Conservation and enhancement of soil quality. pp. ۱۷۵-۲۰۳. In :Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World. IBSRAM Proc., ۱۲th,Bangkok, Thailand.
Liao, M. and Xiao, M. ۲۰۰۷ Effect of heavy metals on substrate utilization pattern, biomass, and activity of microbial communities in a reclaimed mining wasteland of red soil area. Ecotoxicology and Environmental Safety. ۶۶(۲):۲۱۷-۲۲۳.
Marschner, B. and Kalbitz, K. ۲۰۰۳. Control of bioavailabilityandbiodegradation of dissolved organic matter in soils. Geoderma. ۱۱۳ (۳-۴): ۲۱۱-۲۳۵.
McGrath, S. P., Zhao, F. J. and Lombi, E. ۲۰۰۱. Plant and rhizosphere processes involved in phytoremediation of metalcontaminated soils. Plant and Soil. ۲۳۲: ۲۰۷-۲۱۴.
Murungu. F. S., Chiduza, C., Muchaonyerwa. P. and Mnkeni, P. N. S. ۲۰۱۱. Decomposition, nitrogen and phosphorus mineralization from winter-grown cover crop residues and suitability for a smallholder farming system in South Africa. NutrCyclAgroecosyst. ۸۹:۱۱۵-۱۲۳.
Nelson, D. W. and Sommer, L. E. ۱۹۸۲. Total carbon, organic carbon, and organic matter. pp. ۵۹۵- ۶۲۴. In: Page,A. L. (eds.). Methods of Soil Analysis. Part ۲. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. Madison, W I.
Van Nevel, L., Mertens, J., Demey, A., De Schrijver, A., De Neve, S., Tack, F. M. and Verheyen, K. ۲۰۱۴. Metal and nutrient dynamics in decomposing tree litter on a metal contaminated site. Environmental Pollution. ۱۸۹: ۵۴-۶۲.

Abstaract

In order toevaluate the effects ofcadmiumcontaminationoncarbon mineralization ofwheatresiduesafactorial experiment were conducted using acompletely randomized designandthreereplications. Factorswere examinedlevels ofsoil contamination bycadmium(۱۰, ۲۰, ۴۰ and۸۰mgof cadmiumper kg of soil) and incubation periods (۱, ۲, ۳ and ۴ months). The results showed thatby increasing theconcentration of soilcadmium, mineralization oforganic carbon inwheatresiduesdecreased and the lowest percentage oforganic carbonloss were obtained for treatment with۸۰mgcd kg-۱ soil.The amount of organic carbon lost in the first month of incubation was ۳۱% with a total amount of ۴۱% for four months.